

スキージャンプのシミュレーショントレーニングにおける床反力の測定

著者	三好 英次
出版者	法政大学体育・スポーツ研究センター
雑誌名	法政大学体育・スポーツ研究センター紀要
巻	22
ページ	55-58
発行年	2004-03-31
URL	http://hdl.handle.net/10114/4145

スキージャンプのシミュレーショントレーニングにおける床反力の測定

Measurement of ground reaction forces in simulation training of ski jumping

三好 英次 (法政大学)

Eiji MIYOSHI

緒 言

スキージャンプにおけるシミュレーショントレーニングは、平地でスキージャンプの一連の動作を模擬的に行うものであり、ほとんどのスキージャンプ選手の間で行われている。その目的は、助走―踏み切り―空中―着地にいたる一連の動作の習得であり、またイメージトレーニング、メンタルリハーサルとして行われることも多い。特に踏み切りの基本的なスキルの習得はスキージャンプ選手にとって欠かせない重要なトレーニング課題であり、ジャンプ台でのトレーニングのみならず、シミュレーショントレーニングも重要な意義をもつものと思われる。

シミュレーションジャンプにおける床反力の測定はこれまで数多く行われている。床反力データはスキルの基本的な特徴を反映するものである。またキネティックな指標であることから選手の主観的な運動感覚との比較もしやすく、スキルを判断する上での客観的なフィードバック情報として有意義であると思われる。筆者はこのような観点からコーチング活動の中で多くの選手のシミュレーショントレーニングの床反力を測定してきた。本編ではこれまでの測定データを集計、解析し、トレーニングの為の知見を報告する。

方 法

対象者 国内の高校、大学のスキー部に所属する16歳から2歳までのスキージャンプ選手19名、および複合競技選手27名の計46名（年齢 19.2 ± 1.7 才、競技暦 9.8 ± 3.2 年、体重 62.8 ± 5.0 kg）。

測定期間 1996～2002年。

測定方法 選手は通常どおりのウォーミングアップの後、フォースプレート上でシミュレーションジャンプを3～5回行った。跳躍動作や準備姿勢について特別な教示は行っておらず、選手は通常行うシミュレーショントレーニングと同様に行った。フォースプレートで得られた床反力データをストレインアンプ、A/D変換機を介してコンピューターに読み込み、フロッピーディスクに保存した。なお床反力の測定には自作式のフォースプレートを用いた。

各シミュレーションジャンプの床反力データから、踏み切り動作中の最大踏力（Peak Force）、踏み切り時間（Contact time）を求め、さらに床反力から得られた加速度を順次積分

して重心の最大上昇速度（V max）、重心の跳躍高（Jump Height）を算出した。踏み切り時間については、床反力の立ち上がり始めが緩やかで動作の開始点を見出すことが難しい試技が多く見られたため、踏み切り動作によって発揮された床反力が選手の体重の10%を越えた時点から、0%に戻るまでの間を踏み切り動作時間として設定した（図1）。

各被験者につき、重心の最大上昇速度がその選手の中央値となる試技を採用した。また縦断的に測定を行っている選手については、初回測定時のデータを採用した。

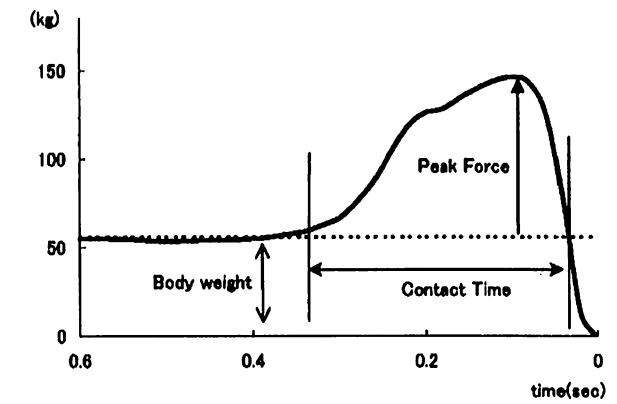


図1 シミュレーションジャンプの床反力の測定

表1 シミュレーションジャンプにおける床反力データ
n=46

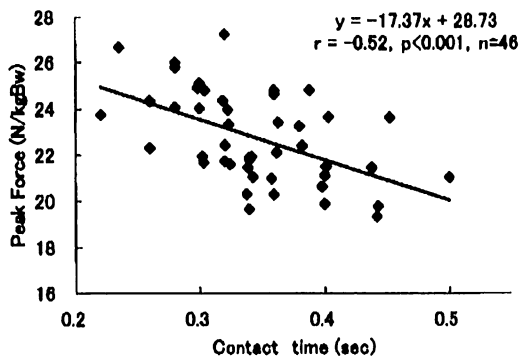
	体重 Body Weight (kg)	最大踏力 Peak Force (N/B.W.)	最大重心 上昇速度 V max (m/s)	跳躍高 Jump Height (m)	踏切時間 Contact time (sec)
M	62.8	22.76	2.538	0.694	0.344
SD	5.0	1.97	0.190	0.077	0.059

結果および考察

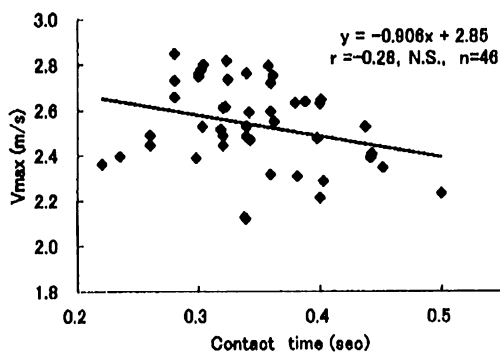
床反力データの解析値を表1に示した。今回得られたデータを渡部の報告^{1) 9) 8)}（V max：2.943±0.154m/s、2.264±0.147m/s、2.264±0.147m/s）と比較すると、重心上昇速度の平均値がやや低値となった。渡部が全日本の指定強化選手を対象としているのに対し、本測定の対象者は2名の全日本指定選手はいるものの、殆どはそれ以外の高校、大学生選手であり、またコンバインド選手も含んでいることが影響していると思われる。

1 床反力から得られたデータの関係について

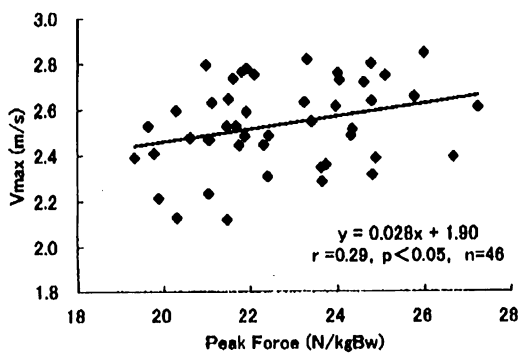
図2に床反力から得られたデータ相互の関係を示した。c)の最大踏力と最大重心上昇速度の間において有意な正の相関関係が認められた ($r=0.29$, $p<0.05$, $n=46$)。またa)の踏み切り時間と最大踏力の間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.52$, $p<0.001$, $n=46$)。一方、踏み切り時間と最大重心上昇速度の間には有意な相関は認められなかった ($r=0.28$, $p>0.05$, $n=46$)。これらの結果は最大踏力が大きい者ほど重心の上昇速度が高く、また最大踏力が大きい者ほど踏み切り時間が短いことを示している。このことからシミュレーションジャンプで重心の高い上昇速度を得た者は、強い床反力を短時間に発揮するという傾向が示された。



a) 踏み切り時間と最大踏力



b) 踏み切り時間と最大重心上昇速度



c) 最大踏力と最大重心上昇速度

図2 床反力データの相関

2 スペシャルジャンプ選手とコンバインド選手の比較

被験者をスペシャルジャンプ選手（以下、S J 群とする）とコンバインド選手（以下NC群とする）に分け、両者の測定項目を比較した（表2）。最大踏力においてはS J 群がNC群より有意に高い値を示した。また踏み切り時間においてはS J 群がNC群より有意に小さい値を示した。これはS J 群がNC群に比べ、より短時間に強い力を発揮していたことになる。しかし重心の上昇速度と跳躍高においては両者で有意な差は認められなかった。一般的にはS J 選手はNC選手よりも跳躍力に優れていると思われるが、しかしシミュレーションジャンプの目的はスキージャンプの実際の動きに近い動作を習得することであり、必ずしも最大努力で行っているとは限らないことから、このような結果になったものと推測される。しかしS J 選手のほうがより短時間で強い力を発揮していたことは、本測定の対象者のS J 群とNC群で身体的な資質がの差異が現れたものと考えられる。

表2 スペシャルジャンプ選手とコンバインド選手の床反力データの比較

	コンバインド選手		スペシャルジャンプ選手	
	n=27		n=19	
	M	SD	M	SD
最大踏力 (N/Bw)	22.3	1.9	23.4	1.8*
身体重心の最大上昇速度(m/s)	2.51	0.18	2.58	0.19
踏切時間(sec)	0.360	0.063	0.321	0.041*
跳躍高(m)	0.696	0.069	0.692	0.086

* : $P<0.05$

3 床反力波形のタイプ

シミュレーションジャンプの床反力は個々に様々な波形が示されていた。その中で特徴的なものを選別し、図3に示した。a)は力の立ち上がりから一気に直線的な加速を示す一峰性の波形を示したのに対し、b)は力の立ち上がりはさらに急激であるものの二峰性の波形を示した。藤井⁷⁾はスクワットジャンプで二峰性の床反力を示した跳躍において、股関節と膝関節の伸展角加速度が極値を示すタイミングがずれるという現象を見出している。そしてこのような現象の原因が筋力特性にあり、収縮速度が増大するにつれて筋力が低下する傾向が顕著な視験者群において二峰性が出現すること、さらに4節のリンクセグメントモデルによるシミュレーション結果から、収縮速度の増加に伴い筋力が低下する場合には二峰性の床反力を示す動作が最も適していると考察している。この見解がスキージャンプシミュレーションに適合するかどうかについては議論の余地はあるが、筋力特性によって最適モデルとなる床反力が異なる可能性があるということには留意しておきたく、ここに引用した。

またc)のパターンは力の立ち上がり方が極端に緩やかであり、力を徐々に発揮している。またd)は、体重の約5～20%の弱い力を徐々に伝えた後、急激に踏力を発揮している。

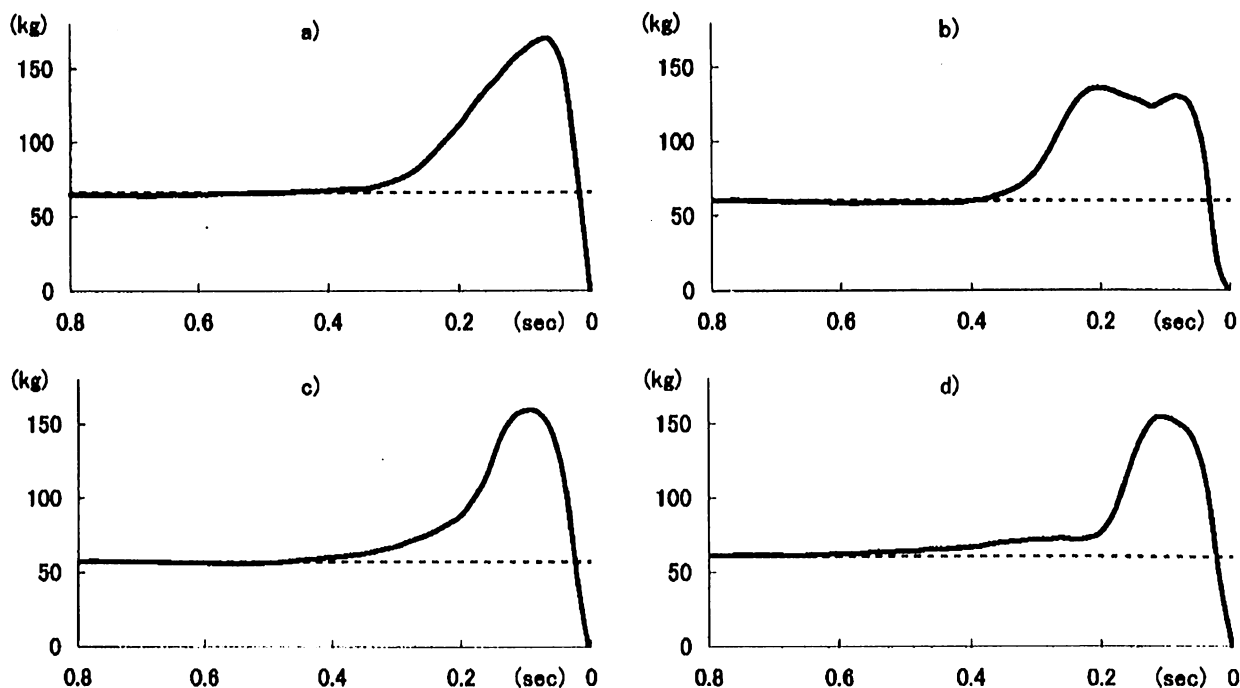


図3 シミュレーションジャンプにおける床反力のタイプ

このような特徴を示した選手は他の試技においても同様の傾向が見られることから、このような力発揮のパターンがある程度定着しているものと思われる。これらについては後節で考察を加える。踏み切り動作の床反力が個々にさまざまなパターンを示す理由として、実際のスキージャンプに対するイメージの違いや、個々の身体的特性の差異などが考えられる。ここでは今後の課題としたい。

4 実際のジャンプ台でのトレーニングへ向けて

シミュレーショントレーニングを行う際には、常に実際のジャンプに生かされることを考えなければならない。スキージャンプではtake-offで強い踏力を発揮することが飛距離の増加につながる。山辺²⁾らは実際のスキージャンプの競技会における床反力の測定から、テイクオフで得られた力積と飛距離の間に優位な正の相関関係があったことを報告している。これはKomi⁴⁾やVirmavirta^{8) 9)}の研究結果と同様の見解を示すものである。従ってシミュレーショントレーニングにおいても大きな力積を発揮して垂直方向への上昇速度を得ることは重要な課題の一つになると考えられる。今回の結果においては最大踏力と上昇速度の間に有意な正の相関関係があり、また最大踏力と踏み切り時間では負の関係があったことから、シミュレーションジャンプで高い上昇速度を得た者は、強い床反力を短時間に発揮するという傾向が示された。しかし山辺³⁾は、実際のジャンプ台での測定結果から、床反力の最大値では上昇速度の変動を説明できないとしており、シミュレーションジャンプと実際のジャンプとで異なった見解が現われたことになる。ここではテイクオフ動作が行われる環境

の違いに着目しなければならないであろう。山辺らは実際のジャンプ台での測定においてテイクオフ動作前半のRの部分（曲線路であり、斜度変化による遠心力の影響を受ける）と、後半の直線部分の床反力を別個に解析するという試みを行っている。そして前後半にわたって持続的な床反力を発揮していた選手が、助走の終端付近で瞬発的に大きな床反力を発揮していた選手と同等の上昇速度を得ていたことを見出している。このような示唆はシミュレーションジャンプを行う際にも有効な見解となるとと思われる。図3のc)、d)に見られるような、前半の弱く、持続的な床反力が、実際のジャンプの踏み切りにおける持続的な踏力の発揮をイメージしたものかどうかは選手の主観によるものであり、推測の域を出ないが、もしそうであるなら、実質的にこのようなパターンの動作を習得していることは、実際のジャンプにおいてどのような影響を及ぼすのか、あるいは実際のジャンプにおいて床反力を持続的に発揮するタイプの踏み切りを目指すためにはどのようなシミュレーションジャンプが適切であるのか。今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 渡部和彦：スキージャンプ選手の跳躍パワーの測定：種目特性を考慮して、昭和56年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告 No. 2「競技種目別競技力向上に関する研究第6報」, 143-147, (1984)
- 2) 山辺 芳、渡部 和彦：スキージャンプ競技場面上における踏力の測定、バイオメカニクス研究 3 (4)：277-286

- (1999)
- 3) 山辺 芳、渡部 和彦：一流スキージャンプ選手を対象としたスキージャンプ踏切局面における床反力発揮の特徴. バイオメカニクス研究 6 (1)：2-14 (2002)
 - 4) Komi PV, Nelson RC, Pulli M：Biomechanics of ski jumping. Studies in Sports, Physical Education and Health, Univ. Jyväskylä 5:1-53
 - 5) 渡部和彦：スキージャンプアプローチ姿勢の解析, 昭和54年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告 No. 2「競技種目別競技力向上に関する研究第3報」167-170、(1972)
 - 6) 全日本スキー連盟・編著：競技スキー教程. 第1版、238-259、(株)スキージャーナル、(1989)
 - 7) 藤井範久、森脇俊道：垂直跳び動作と筋力特性に関する研究. バイオメカニズム11, 167-177 東京大学出版会、(1997)
 - 8) Virmavirta M, Komi PV：Measurement of take-off forces in ski jumping Part I. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports3:229-236 (1993)
 - 9) Virmavirta M, Komi PV：Measurement of take-off forces in ski jumping Part II. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports3:237-2436 (1993)